

**Mitigação de riscos e ampliação de retornos: aplicação dos conceitos de fronteira eficiente de Markowitz e de carteira alavancada ao setor sucroalcooleiro**

Ricardo Cunha da Costa

<http://www.bndes.gov.br/bibliotecadigital>

# **MITIGAÇÃO DE RISCOS E AMPLIAÇÃO DE RETORNOS: APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE FRONTEIRA EFICIENTE DE MARKOWITZ E DE CARTEIRA ALAVANCADA AO SETOR SUCROALCOOLEIRO<sup>1</sup>**

**Ricardo Cunha da Costa\***

---

*\* Gerente do Departamento de Gás, Petróleo, Cogeração e outras Fontes de Energia da Área de Infraestrutura do BNDES.*

*<sup>1</sup> Artigo preparado a partir do trabalho de conclusão de curso apresentado em julho de 2008 ao MBA em Finanças do Ibmecc. Os dados para elaboração de gráficos e tabelas foram atualizados pelo estagiário Ramon Soares Corrêa.*

SUCROALCOOLEIRO

## **Resumo**

**O** presente trabalho aplica ao setor sucroalcooleiro os conceitos da moderna teoria de investimentos, relativos à fronteira eficiente de Markowitz e à carteira alavancada, dado que o setor pode diversificar a sua produção produzindo produtos e serviços para mercados diversos (alimentos, combustíveis e energia elétrica).

*Em um primeiro momento, procurou-se definir a combinação ótima entre produção de açúcar e álcool, com base em suas rentabilidades e os riscos associados aos negócios. No passado, os preços de açúcar e álcool estavam fortemente correlacionados. Porém, nos últimos meses, houve descolamento dos preços. Um exercício foi feito com o preço da gasolina nos Estados Unidos, de forma que se observasse se há possibilidade de mitigação de riscos caso o preço do álcool passe a ser ditado pelo preço internacional da gasolina.*

*Em um segundo momento, utilizou-se o conceito de carteira alavancada, por meio do qual o investidor obtém recursos em renda fixa e aplica esses recursos em uma carteira mais arriscada. No caso do setor sucroalcooleiro, o usineiro, em vez de investir sozinho em cogeração, se associaria a um parceiro interessado em receber uma renda fixa (receita da venda de energia elétrica à rede por meio de contrato de longo prazo). Dessa forma, o usineiro teria mais recursos para investir em negócios mais arriscados (e mais rentáveis) como a parte agrícola ou industrial para produção de açúcar e álcool.*

A produção de cana-de-açúcar é uma atividade centenária no Brasil e ganhou ímpeto com o Programa Nacional do Álcool (Proálcool) desde 1975, quando o álcool se tornou uma opção para enfrentar os choques de petróleo. São mais de 350 usinas instaladas no país, que, em sua grande maioria, apresentam estruturas familiares bastante complexas. Poucas empresas, até o momento, abriram capital.

As perspectivas para o longo prazo são muito favoráveis para o setor, pois no mercado doméstico o sucesso de vendas dos veículos *flex fuel* impactaram positivamente as vendas de álcool hidratado, e os aperfeiçoamentos regulatórios na sistemática de contratação de energia elétrica têm contribuído para a viabilização de cogeração a bagaço de cana. Na esfera internacional, a redução de incentivos auferidos aos produtores de açúcar europeus em 2007 contribuiu para melhorar a competitividade brasileira. Além disso, há vários países interessados em promover os biocombustíveis, mas há questionamentos por parte de consumidores potenciais quanto à sustentabilidade da produção. O Brasil está muito bem posicionado para participar desse mercado, se barreiras à entrada nos grandes mercados potenciais forem removidas.

No Brasil, o setor trabalha de forma flexível, podendo produzir açúcar ou álcool, e o *mix* de produção é estabelecido pela rentabilidade de cada produto. O usineiro começa os investimentos com a implantação do canavial, depois monta a destilaria de álcool e, por fim, instala a unidade de produção de açúcar. A usina padrão, hoje, está capacitada para produzir entre 30 e 70% de cada um dos produtos (açúcar ou álcool). No início do Proálcool, foram estruturadas microdestilarias para produção exclusiva de álcool, mas esse modelo não se mostrou competitivo.

As usinas instaladas em regiões mais ocupadas (por exemplo, no estado de São Paulo, onde está concentrada a produção brasileira) têm capacidade de processar entre 1,5 milhão e 2 milhões de toneladas de cana por safra. A safra tem duração de 6 a 7 meses e ocorre entre os meses de abril a novembro na região Centro-Sul. A fronteira de expansão tem se deslocado para o Triângulo Mineiro e região Centro-Oeste, podendo chegar ao Maranhão e Piauí no médio/longo prazo.

Em regiões pouco ocupadas, as usinas têm apresentado capacidade de esmagamento de 3 a 4 milhões de toneladas. O custo da terra e a distância das áreas de colheita são menores do que em São Paulo, mas as novas usinas incorrem em maiores custos de transporte para levar seus produtos finais aos centros consumidores.

Por muitos anos, o setor privilegiou a produção de açúcar, em detrimento de álcool ou cogeração, por ser uma *commodity* negociada no mercado internacional, com opções diversificadas de comercialização e financiamento. Porém, com a corrida pelos biocombustíveis, há investidores entrantes interessados em produzir energia, ou seja, produzir álcool e cogerar energia de forma eficiente, mas eles não têm interesse em participar do negócio agrícola nem tampouco produzir açúcar. A pergunta que se faz é se esse modelo eficiente do ponto de vista técnico, com baixa flexibilidade de produção, também é eficiente do ponto de vista econômico-financeiro.

Alguns trabalhos que utilizam modelos de valoração da opção real<sup>1</sup> para avaliar o emprego de uma estrutura produtiva flexível, de forma que o setor possa arbitrar entre a produção de açúcar e de álcool, já foram desenvolvidos. Segundo Gonçalves (2007), com base em seu modelo quadrinomial, a opção de conversão de um projeto de produção de álcool em um projeto flexível agrega valor ao negócio.

Ademais, há alguns detalhes técnicos importantes que contribuem para a alternativa flexível. Uma parte do melaço descartado no processo de produção do açúcar é utilizada na produção de álcool. Veremos, também, mais adiante, que a quantidade de sacarose da cana aumenta ao longo da safra até chegar a um pico. A cana do início e do final da safra é, geralmente, empregada para produzir álcool. Portanto, há complementaridade entre produção de açúcar e álcool.

Embora haja muitas justificativas em defesa de uma ou outra estrutura de produção, não se faz aqui nenhuma avaliação de qual modelo se adequa melhor ao setor. A proposta é analisar se a produção de um maior número de produtos pelo setor contribui para a redução de seu risco. Além disso, combina-se a rentabilidade da cogeração, que é uma possibilidade de renda fixa para o setor, com a de ativos mais arriscados como a produção de açúcar e álcool. A pergunta que se faz neste trabalho é qual deve ser o *mix* de produção do setor, principalmente em um contexto de crédito escasso e volatilidade de preços das *commodities*?

O presente trabalho está estruturado em seis seções. A primeira apresenta um panorama geral do setor, desde o lançamento do Proálcool até os aspectos relativos às perspectivas futuras para o setor. A segunda seção descreve o modelo de diversificação de risco. A terceira trata dos custos do setor sucroalcooleiro,

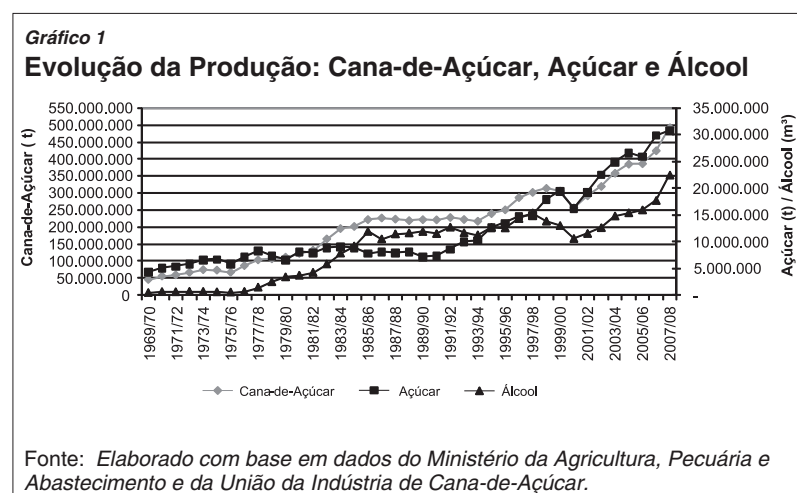
---

<sup>1</sup> A metodologia de opção real é aplicada em análise econômica de projetos e decisões de investimentos, em contexto de incertezas. Por esse método, calcula-se um valor, em função da flexibilidade dos projetos, a ser adicionado ao fluxo de caixa.

apresentando a metodologia de remuneração da cana-de-açúcar. A quarta é uma aplicação do modelo de diversificação de riscos (carteira de Markowitz) ao setor sucroalcooleiro, as rentabilidades estimadas em função das margens obtidas em cada produto final (açúcar e álcool). A quinta apresenta opções de investimentos em cogeração na forma de *project finance* ou financiamento corporativo, bem como avalia as possibilidades de emprego de caldeiras de 65 bar ou de 90 bar. Por fim, a sexta seção sugere a cogeração como uma forma de os empreendedores tradicionais (usineiros) mitigarem risco do seu *portfolio* de produtos.

A evolução da produção de cana, de açúcar e de álcool no Brasil é mostrada no Gráfico 1. A produção de álcool teve crescimento notável entre 1976 e 1984. Após esse período, houve uma estagnação que durou dez anos, seguida de uma retração no período entre 1997 e 2000. Recentemente, no entanto, verifica-se que houve uma retomada na produção brasileira. Em 2008, segundo a União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica), as usinas processaram 493 milhões de toneladas e a produção de açúcar e de álcool atingiu 30 milhões de toneladas e 22 bilhões de litros, respectivamente.

## Histórico do Proálcool e Perspectivas Futuras para o Setor



Além da produção de açúcar e álcool, o setor pode gerar eletricidade para consumo próprio e exportação de excedente para a rede elétrica, utilizando o bagaço para gerar vapor em caldeiras. Ao longo do tempo, o bagaço passou a ser valorizado pelo setor sucroalcooleiro como insumo energético. No entanto, a energia elétrica não faz parte do *core business* dessa indústria, sendo, portanto, gerada com eficiências baixas e com objetivo principal de consumo próprio no processo produtivo.

Ainda que tenha crescido nos últimos anos o volume de investimentos no setor, com fins de aumento de eficiência energética – por exemplo, a substituição de caldeiras antigas com objetivo quase que exclusivo de geração de calor por plantas de cogeração<sup>2</sup> –, as caldeiras de baixa pressão ainda são predominantes, revelando uma margem importante para o aumento da eficiência energética média no setor.

## Primeira Fase do Proálcool

O Proálcool foi lançado em 1975 com o objetivo duplo de reduzir o impacto sobre o balanço de pagamentos causados pela elevação dos preços do petróleo e, ao mesmo tempo, mitigar as inquietações do setor sucroalcooleiro em face da queda do preço do açúcar no mercado internacional.

No Brasil, o etanol é usado como aditivo à gasolina na forma de álcool anidro, de forma que aumente o poder antidetonante em motores de ciclo Otto. A proporção na mistura varia entre 20 e 25% de álcool na gasolina A (gasolina pura), em termos de volume, a mistura sendo conhecida como gasool ou gasolina C. O etanol também é utilizado diretamente nos carros a álcool e nos *flex fuel* na forma de álcool hidratado. Nesse caso, o combustível é usado diretamente no tanque do automóvel e é vendido aos consumidores nos postos.<sup>3</sup>

Em seu início, o Proálcool foi fortemente calcado em políticas públicas que tinham como objetivo fomentar a produção e o uso de etanol no Brasil. O investimento público chegou a 90% do necessário para se construir uma nova destilaria e 100% do necessário para aumentar a área cultivada de cana-de-açúcar. Entre as condições, extremamente favoráveis para o produtor, podem-se destacar: taxas de juros negativas; três anos de carência para o pagamento dos empréstimos; e 12 anos para amortização dos empréstimos.

Além disso, o governo estabeleceu preços mínimos para o etanol, mais atrativos em relação ao preço do açúcar. Essa política representou um alto subsídio para a produção de cana-de-açúcar e de álcool. Do lado do consumidor, a redução da tributação permitiu que o preço do álcool nas bombas, em termos de unidades energéticas por quilômetro rodado, ficasse sempre menor que o da gasolina. Naquela ocasião, o preço dos combustíveis no Brasil era

<sup>2</sup> A cogeração consiste na produção simultânea de energia térmica (no caso, calor de processo) e energia elétrica.

<sup>3</sup> O gasool com 22,4% de etanol era meta da primeira fase do Proálcool. A segunda consistia na produção de novos veículos que utilizavam o álcool hidratado (álcool puro) como combustível.

regulado pelo governo, que tinha a Petrobras como principal agente do setor, pelo lado da demanda. Apenas em maio de 1997, os preços do álcool anidro deixaram de ser controlados e, em fevereiro de 1999, o mesmo aconteceu com os preços do álcool hidratado [Goldemberg et al. (2004)].

Deve-se ressaltar que, no começo do programa, o custo de produção do álcool era de aproximadamente US\$ 100/barril de etanol. O progresso técnico e as economias de escala reduziram esse custo para US\$ 50/barril nos anos 1990 [Moreira e Goldemberg (1999)]. Mas, em 1999, o custo de produção do álcool ainda era superior ao da gasolina derivada do petróleo, que era importado a um preço um pouco abaixo de US\$ 20/barril, menos da metade da cotação do óleo bruto no mercado internacional em 1980, quando a segunda fase do Proálcool foi lançada.

Mesmo as destilarias paulistas, as mais eficientes, necessitavam que o preço do petróleo estivesse acima de US\$ 30/barril para que o etanol fosse competitivo frente à gasolina [Macedo e Nogueira (2004)].

Assim, quando o preço do petróleo no mercado internacional atingiu novamente esse patamar no ano de 2000, a competitividade do álcool em face da gasolina foi restabelecida. O governo aproveitou a situação para aumentar o conteúdo de etanol na gasolina para 25%, permitindo uma redução do excedente no estoque do álcool.

O início da comercialização, em 2003, de veículos bi-combustível, também conhecidos como *flex fuel*, proporcionou um novo impulso para o setor sucroalcooleiro. Esses veículos podem usar indiscriminadamente álcool ou gasolina C, sem a necessidade de nenhuma adaptação ou ajuste.

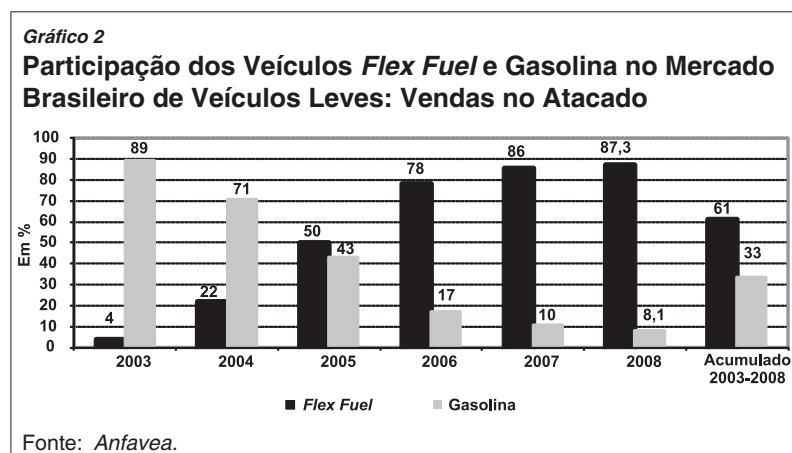
O desenvolvimento dessa tecnologia se deu graças ao investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) pelos fabricantes de sistemas de injeção direta na produção de sistemas eletrônicos que ajustam automaticamente a combustão em função do tipo de combustível.

Em 2004, a venda de veículos *flex fuel* aumentou em mais de cinco vezes, atingindo 328 mil unidades, o que representou 22% da venda de veículos leves no Brasil. No ano seguinte, as vendas de *flex fuel* ultrapassaram as dos carros a gasolina, chegando a representar 50% das vendas de veículos leves. Em

## A Retomada do Álcool



2008, as vendas representaram mais de 87% das vendas de veículos leves no Brasil.



Dessa forma, o mercado de álcool, que deixara de ser regulado pelo governo desde 1999, ficara ainda mais suscetível às forças do mercado. A partir desse momento, o consumidor, proprietário de veículo *flex fuel*, se via obrigado a ponderar o preço relativo na bomba entre o álcool hidratado e a gasolina C, podendo arbitrar o tipo de combustível a ser utilizado em seu carro.

Fatores como safra de cana-de-açúcar, nível de estoques de etanol, preço do açúcar no mercado internacional, preço do petróleo e da gasolina, estão entre aqueles que influenciam o mercado de etanol. No entanto, os estados da federação ainda podem influenciar os preços por meio da alteração nas alíquotas de ICMS e do percentual de álcool anidro a ser misturado à gasolina A.

Na esfera internacional, a volatilidade dos preços do petróleo, os problemas ambientais ligados ao consumo de energia fóssil e os compromissos adotados no âmbito do Protocolo de Quioto têm dado ao setor um novo impulso e uma nova dinâmica. A substituição parcial da gasolina por álcool etílico proveniente da cana-de-açúcar é uma forma relativamente rápida e fácil de reduzir emissões de gases de efeito estufa (GEE)<sup>4</sup> provenientes do setor

<sup>4</sup> Essas metas (cerca de 5,2% de redução de emissões de GEE em relação aos níveis de 1990) terão de ser cumpridas no período 2008–2012 pelos países do Anexo I que ratificaram o Protocolo de Quioto. Metade dessas emissões terá de ser realizada dentro de seus territórios ou negociada entre países do Anexo I. A substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis é uma ótima alternativa para a parcela de redução de emissão de gases de efeito estufa que tem de ser realizada dentro dos territórios destes países. A outra parte da redução poderá ser considerada realizada por meio de aquisição de CERS equivalentes, estimulando o mercado de certificados de redução de emissões de gases de efeito estufa em países não participantes do Anexo I.

de transportes e, desse modo, ajudar os países integrantes do Anexo I do Protocolo de Quioto a atingirem suas metas de redução de emissões de GEE.

Ademais, o etanol vem sendo procurado também como aditivo à gasolina, seja direta ou indiretamente, por meio de sua transformação em ETBE (éter etil-terc-butilico). Esses são os principais fatores que influenciam o aumento da demanda mundial de etanol combustível.

As perspectivas de aumento potencial das demandas interna e externa de etanol, bem como os potenciais ganhos de produtividade, oferecem ao mercado de álcool oportunidades que não devem ser negligenciadas, porém sensíveis a variáveis ligadas ao mercado internacional de petróleo e de açúcar.

**O** Brasil foi o principal produtor mundial de álcool até 2005. Em 2006, os Estados Unidos se tornaram os maiores produtores e, em 2007, a produção americana foi de 24 bilhões de litros contra os 22 bilhões de litros nacionais. O desempenho americano foi fortemente influenciado pela concessão de subsídios governamentais.

## **Competitividade Brasileira para Produção de Álcool**

O etanol americano, entretanto, é produzido principalmente do milho, com produtividade menor, custos mais elevados e com maior consumo de energia fóssil no processo de produção. A produção média anual de etanol nos Estados Unidos alcança 3,2 mil litros por hectare, enquanto a produtividade brasileira ultrapassa o dobro do montante, atingindo 6,8 mil litros por hectare [Finagro (2006)].

A elevada produtividade brasileira reflete-se no custo da produção, que varia entre US\$ 0,20 e 0,28/litro contra o intervalo de US\$ 0,30 a 0,35/litro nos Estados Unidos, país que ainda subsidia fortemente a produção de um etanol produzido do milho e menos favorável à redução da emissão de gases de efeito estufa se comparado ao produto brasileiro.<sup>5</sup>

Por isso, a exportação de álcool é também uma grande oportunidade para o Brasil. O mercado internacional, entretanto, ainda é embrionário, e grande parte do volume exportado destina-se ao setor industrial. Fortes modificações podem ocorrer caso os biocombustíveis sejam adotados para substituir uma parcela dos combustíveis fósseis.

<sup>5</sup> Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (2006), o custo de produção na União Europeia varia entre US\$ 0,45 e US\$ 0,55/litro.

Embora os Estados Unidos, os maiores consumidores mundiais de energia, não tenham ratificado o Protocolo de Quioto e, portanto, não possuam metas nacionais de redução de emissão de GEE, alguns estados norte-americanos vêm adotando metas voluntariamente. Além disso, em razão de questões locais relativas ao meio ambiente, vários estados estão também banindo o MTBE (éter metil-terc-butilico), usado como oxigenante da gasolina em substituição ao chumbo. O MTBE foi banido primeiramente na Califórnia, onde se detectou contaminação de leitos subterrâneos de água a partir de tanques de estocagem do aditivo.<sup>6</sup> O ETBE e o etanol surgem, portanto, como potenciais substitutos ao MTBE.

Há um forte *lobby* dos produtores norte-americanos para impedir a importação do etanol, hoje taxado em US\$ 0,54/galão. Países do Caribe têm uma cota de 7% da demanda de etanol dos Estados Unidos isenta da taxa. Valendo-se disso, empresas brasileiras exportam álcool hidratado para países do Caribe, onde têm destilarias para desidratar o combustível, transformando-o em álcool anidro, e, em seguida, exportam-no para os Estados Unidos.

No âmbito da União Europeia (UE), o emprego de ETBE ainda ocorre em maior escala, e grande parte da produção local de etanol é utilizada em refinarias na produção de ETBE. A produção está sendo ampliada com o objetivo de atender a meta da UE de adição de 10% de biocombustíveis nos transportes até 2020.

Apesar desse potencial mercado consumidor, é importante ressaltar que há um forte *lobby* dos agricultores europeus para impedir a importação de etanol de outros países. Algumas organizações não-governamentais europeias de cunho ecológico também têm feito *lobby* contra o uso de biocombustíveis, com base em estudos que indicam a possibilidade de impactos socioambientais provocados pela elevação da escala de produção de monoculturas energéticas, como aumento do desmatamento, do emprego em condições desumanas, do consumo excessivo de água etc.

O Japão é outro potencial consumidor de etanol brasileiro. Já é permitido misturar até 3% de etanol na gasolina japonesa e há uma perspectiva de que sejam misturados até 10% do combustível à gasolina, ou seja, uma demanda potencial de 6 milhões de litros de biocombustível por ano.

Por enquanto, empresas japonesas têm negociado com a Petrobras e a Vale do Rio Doce com o intuito de montar uma estru-

---

<sup>6</sup> O MTBE já foi banido em vários estados norte-americanos, mas ainda não foi banido completamente dos Estados Unidos porque sua produção de etanol, apesar de vir crescendo de forma vertiginosa, ainda não é capaz de atender à demanda necessária para substituir todo o MTBE utilizado, e os custos de logística são elevados.

tura de produção e de logística para a exportação do álcool. De fato, o Plano de Negócios da Petrobras 2009–2013 prevê investimentos de US\$ 2,8 bilhões no segmento de biocombustíveis.

Uma estimativa feita com base nas projeções de consumo de gasolina nos Estados Unidos, no Japão e na UE com misturas de 5% de etanol (E5) e de 10% (E10) mostra que esses mercados poderiam consumir de 45 a 89 bilhões de litros de etanol em 2030.

Além desses mercados, países asiáticos estão procurando viabilizar a adição de álcool à gasolina. Em alguns estados na China e Índia, já são realizadas misturas de 5% de etanol à gasolina e, na Tailândia, esse percentual pode chegar a 10%.

Há, portanto, um grande potencial para aumento das exportações brasileiras de álcool, uma vez que o país produz álcool e açúcar a preços bastante competitivos, além do fato de haver terras disponíveis no país.<sup>7</sup> Para que se tenha uma ideia, países eficientes na produção de álcool, como Austrália e Tailândia, não possuem terras disponíveis para expandir a produção de cana.

**C**onforme já destacado, desde o lançamento do Proálcool, em 1975, houve significativa elevação da produtividade agrícola, bem como do progresso técnico ligado ao setor. Na década de 1980, apenas duas variedades de cana eram responsáveis por quase 60% de toda a área plantada com cana no país. Atualmente, há maior diversificação de variedades, nenhuma respondendo por mais de 15% da área. As vinte principais respondem por 80% da área plantada [CTC (2006)].

A produtividade média evoluiu de cerca de 50 t/ha, na safra 1977/1978, para 77 t/ha, na safra 2007/2008, o que representa uma taxa anual de 2,0%. É importante registrar, todavia, que o desenvolvimento de variedades está direcionado para a Região Centro-Sul, a qual responde por 85% da área plantada, com foco especial para o estado de São Paulo, que contribuiu com 60% da produção nacional, apresentando produtividade de 81,5 t/ha, 46% superior à média nordestina e 11,6% superior à nacional.

## Perspectivas Tecnológicas para o Setor

<sup>7</sup> O Brasil utiliza cerca de 60 milhões de hectares (ha) em atividades agropecuárias, mas, segundo a Embrapa, o país ainda dispõe de cerca de 90 milhões de hectares de terras próprias para cultivo, de baixo impacto ambiental. Ademais, há a possibilidade de uso de parte de áreas utilizadas para pecuária (220 milhões de ha) para o plantio da cana-de-açúcar, seja pela conversão direta, como já vem ocorrendo, em razão da queda no preço da carne e das perspectivas mais atraentes do mercado de etanol, seja pela mudança da agropecuária extensiva para a intensiva.

A reengenharia genética e a transgenia, contudo, podem reduzir o ciclo de vida atual da cana-de-açúcar de 12 para até oito anos. O país já possui variedades que apresentam boa produtividade, em escala laboratorial, até 40% superior às existentes, mas o plantio de transgênicos não é permitido no Brasil em escala comercial.

Na área industrial, a tecnologia tradicional apresenta níveis de eficiência elevados em diversas etapas do processo de produção. É bem verdade que há ainda alguma margem de melhoria de eficiência, por exemplo, na automação dos acionamentos das máquinas, na utilização de dornas fechadas e de desfibradores, ou no emprego de caldeiras de alta pressão para geração de energia elétrica. Esses ganhos podem ser classificados como de primeira geração, pois essas tecnologias já se encontram disponíveis para comercialização.

Na Tabela 1, são apresentados indicadores de evolução tecnológica do setor sucroalcooleiro. De 1975 a 2005, a capacidade de moagem das empresas de médio e grande portes, medida em tonelada por dia, elevou-se em 136%. O tempo de fermentação reduziu-se em 83%, enquanto a eficiência de fermentação aumentou em 12,3% e a das caldeiras, em 31%, no mesmo intervalo. Com relação à sobra de bagaço, importante insumo energético, houve aumento de seu aproveitamento em 875%, no período.

Tabela 1

**Indicadores Tecnológicos no Setor Fabril da Agroindústria Sucroalcooleira**

ETAPAS DO PROCESSO	1975	2005
Capacidade de Moagem – t/Cana/Dia	5.500	13.000
Extração (%)	93	97
Tempo de Fermentação em Bateladas (Horas x Dornas)	24	4 - 6
Eficiência de Fermentação (%)	80	91
Teor Alcoólico do Vinho para Destilação (GL)	7,5	10
Eficiência da Destilação (%)	98	99,5
Recuperação Geral na Rodução de Álcool (Litro/t/Cana)	66	86
Consumo de Vapor na Destilação (kg/l)	3,4	2,0
Eficiência das Caldeiras (%)	66	87
Sobra de Bagaço (%)	Até 8	Até 78

Fonte: Dedini S.A. *Indústrias de Base* (2005).

Além do desenvolvimento tecnológico incremental, há tecnologias em desenvolvimento que visam a saltos tecnológicos importantes. A gaseificação da biomassa para produção de eletricidade

dade é uma tecnologia que vem sendo estudada no Brasil há algum tempo. Consiste na utilização de uma turbina a gás fazendo uso do biogás produzido com base em resíduos da biomassa. A gaseificação poderia duplicar ou triplicar a geração elétrica por tonelada de cana produzida. Porém, os custos de instalação ainda são elevados e não competitivos com os padrões tecnológicos atuais de cogeração a bagaço de cana.

As tecnologias em estágio mais avançado são denominadas de segunda geração. Pesquisas têm se concentrado no processo de hidrólise de resíduos celulósicos para produção de etanol e no processo de gaseificação dos resíduos da biomassa para produção de eletricidade ou gás de síntese (processo Fischer-Tropsch<sup>8</sup>). Essas tecnologias devem estar disponíveis em um prazo de cinco anos a dez anos.

O processo de gaseificação da biomassa para geração de gás de síntese ( $H_2+CO$ ), convertido em seguida em metanol ou em hidrocarbonetos pelo processo de síntese Fischer-Tropsch, é uma tecnologia que compete com a geração elétrica a partir da gaseificação. Ou seja, em vez de produzir gás para a geração elétrica, produz-se gás de síntese para ser transformado em combustível.

O processo de hidrólise (ácida ou enzimática) permite que seja produzido álcool com base em resíduos de biomassa.<sup>9</sup> Isso quer dizer que o álcool pode ser produzido não somente do caldo (processo atual, o caldo representa cerca de um terço da cana processada), mas também do bagaço e da palha (outros dois terços da cana). Com isso, seria possível quase dobrar a produtividade atual em litros de álcool por hectare.

A utilização de biomassa lignocelulósica para produção de etanol apresenta múltiplas vantagens do ponto de vista ambiental e socioeconômico. Em primeiro lugar, o balanço de emissões de  $CO_2$ , com a valorização de coprodutos e o aproveitamento de rejeitos, é mais favorável que o processo atual. Segundo, não há competição com áreas agrícolas para uso alimentar. É um processo mais aceitável no contexto mundial para uma ampliação do uso do etanol como carburante.

<sup>8</sup> Nome de dois químicos alemães Hans Fischer e Franz Tropsch que descobriram e estudaram essa reação durante os anos 1920. O processo pode utilizar carvão (coal to liquid – CTL), gás natural (gas to liquid – GTL) ou biomassa (biomas to liquid – BTL) para produzir combustíveis do tipo diesel, GLP ou gasolina.

<sup>9</sup> Atualmente, é possível extrair 6,4 mil litros de álcool para cada 80 t de cana limpa produzidas por hectare. Com o processo de hidrólise, o bagaço resultante da moagem – hoje usado para abastecer as caldeiras e gerar energia elétrica – poderia garantir uma produção adicional de 5,6 mil litros de álcool por hectare [Desafios do Desenvolvimento (2007)].

Todavia, o processo precisa de progressos tecnológicos importantes, pois algumas etapas são complexas e as melhorias estão relacionadas com o desenvolvimento de aspectos cognitivos, principalmente sobre a enzimologia da celulose e sobre a fisiologia das leveduras, o que pode ser alcançado com o avanço da biotecnologia [Douaud (2006)].

Vários países estão investindo fortemente em hidrólise, pois entendem que poderiam utilizar diversos resíduos agrícolas que são descartados na produção de alimentos. Dessa forma, o que hoje está sendo jogado no lixo poderia constituir um subproduto capaz de gerar receitas adicionais para os produtores rurais.

No Brasil, alguns estudos neste campo já foram iniciados. Os principais atores que investiram ou estão investindo na rota ácida com pré-tratamento são as empresas Dedini e Oxiten. O Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) participou do desenvolvimento da planta piloto da Dedini, mas agora está apostando na rota enzimática. Investem também na rota enzimática a Petrobras e a Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A rota ácida parece estar mais avançada, mas há muitos atores optando pela rota enzimática no longo prazo. A grande dificuldade estaria em produzir enzimas que produzam álcool em grande quantidade de forma estável.

A cana-de-açúcar apresenta grande potencial de produção de álcool celulósico, uma vez que há grande volume de biomassa produzido por hectare em relação às demais culturas. As espécies empregadas atualmente produzem 74,3 t de biomassa de cana por hectare ao passo que o arroz, o milho e a soja produzem apenas 3,6 t/ha, 3,4 t/ha e 2,3 t/ha, respectivamente.

*Tabela 2*

**Área Cultivada, Produção e Produtividade de Culturas**

CULTURA	ÁREA CULTIVADA (10 <sup>6</sup> ha)	PRODUÇÃO (10 <sup>6</sup> t)	PRODUTIVIDADE (t/ha)
Soja	21,5	49,5	2,3
Milho	12,3	41,8	3,4
Cana-de-Açúcar	5,6	416,3	74,3
Feijão	4,0	3,0	0,8
Arroz	3,7	13,3	3,6
Trigo	2,8	5,7	2,0
Café	2,4	2,5	1,0
Outros	5,7	-	-
<b>Total</b>	<b>58,0</b>	-	-

Fonte: IBGE (2004).

## Modelo de Diversificação de Risco

A ideia aqui é apresentar o modelo estatístico segundo o qual se ilustram os efeitos da diversificação de uma carteira de ativos sobre o risco. Em outras palavras, examina-se o aumento do número de ações sobre o nível de risco de uma carteira, o nível de risco avaliado pela variância dos ativos da carteira. A variância da carteira é determinada, em parte, com base nas variâncias de cada ativo da carteira e, em parte, com base na forma pela qual as rentabilidades dos pares de ativos evoluem. A correlação ou a covariância entre ativos da carteira fornecem uma boa ideia de quanto e por qual razão a diversificação reduz o risco.

O exemplo clássico para ilustrar esse fundamento baseia-se em uma carteira de apenas dois ativos A e B. O ativo A tem um retorno esperado  $\mu_A$  e uma variância de retornos  $\sigma_A^2$ , e o ativo B tem um retorno esperado  $\mu_B$  e uma variância de retornos  $\sigma_B^2$ . A correlação em retornos entre os dois ativos é  $\rho_{AB}$ . Os retornos esperados e a variância de uma carteira de dois ativos podem ser escritos da seguinte forma:

$$\mu_{\text{carteira}} = \varpi_A \mu_A + (1 - \varpi_A) \mu_B$$

$$\sigma_{\text{carteira}}^2 = \varpi_A^2 \sigma_A^2 + (1 - \varpi_A)^2 \sigma_B^2 + 2\varpi_A(1 - \varpi_A)\rho_{AB}\sigma_A\sigma_B$$

em que

$\varpi_A$  = proporção do ativo A na carteira.

A fórmula da variância pode ser simplificada quando escrita em termos de covariância ( $\sigma_{AB}$ ) tal como:

$$\sigma_{\text{carteira}}^2 = \varpi_A^2 \sigma_A^2 + (1 - \varpi_A)^2 \sigma_B^2 + 2\varpi_A(1 - \varpi_A)\sigma_{AB}$$

Por essa fórmula, quanto mais baixa a covariância (a forma como a rentabilidade dos ativos se move), menor o risco da carteira, mantendo-se os demais parâmetros constantes. Se os retornos se movem na mesma direção, estão positivamente correlacionados, e a inclusão do ativo à carteira não reduz significativamente o risco da carteira. O Gráfico 3 apresenta uma carteira composta de dois ativos com rentabilidades perfeitamente correlacionadas ( $\rho_{AB} = 1$ ).

Se os retornos dos ativos A e B se movem em direção inversa, a combinação do ativo A com o B na carteira reduz o risco da carteira até um determinado valor. O Gráfico 4 apresenta uma carteira composta de dois ativos com rentabilidades negativamente correlacionadas ( $\rho_{AB} = -0,8$ ).



Gráfico 3

**Carteira de Ativos com Rentabilidades Perfeitamente Correlacionadas**

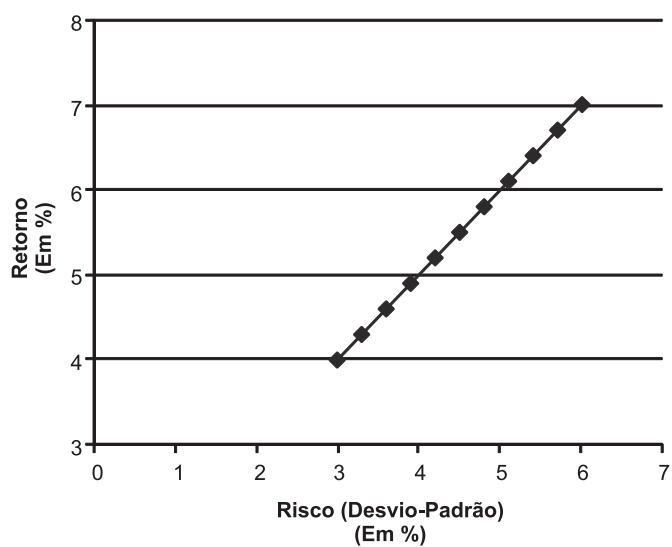
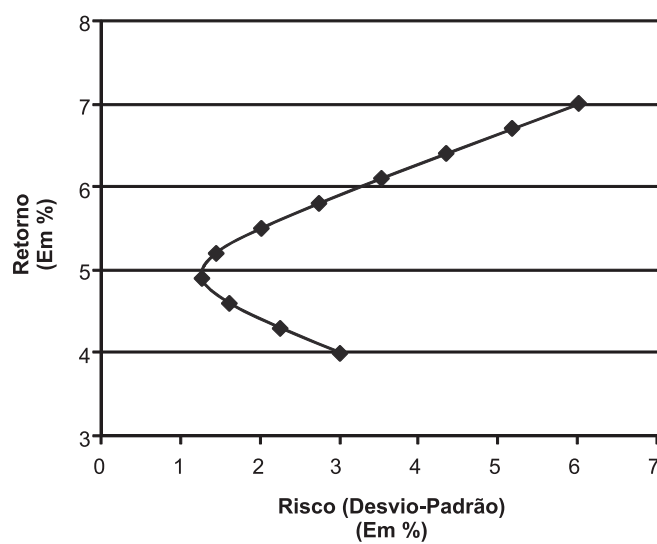


Gráfico 4

**Carteira de Ativos com Rentabilidades Negativamente Correlacionadas**



Para montar os Gráficos 3 e 4, foram utilizados os seguintes dados:

ATIVOS	A	B
Retorno	4	7
Risco	3	6

A composição da carteira que minimiza o risco é dada pela seguinte fórmula:

$$w_A^* = (\sigma_B^2 - \rho_{AB}\sigma_A\sigma_B) / (\sigma_A^2 + \sigma_B^2 - 2\rho_{AB}\sigma_A\sigma_B)$$

A carteira ótima para o mínimo risco é composta de 68,3% do ativo A e de 31,7% do ativo B; a rentabilidade esperada da carteira é de 4,95%, e o risco mínimo é de 1,26%, conforme apresentado a seguir:

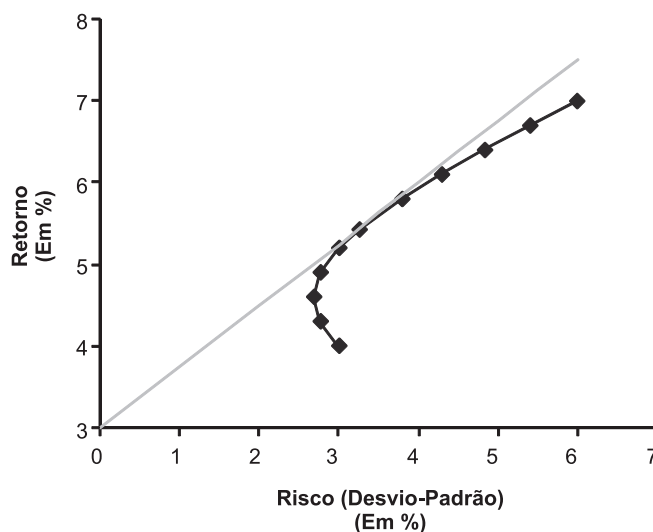
$w_A^*$	$w_B^*$	$\mu_{carteira}$	$\sigma_{carteira}^*$
68,3%	31,7%	4,95%	1,26%

Se um investidor especificar um nível de risco máximo que está disposto a assumir, a otimização da carteira passa a ser a maximização do retorno. O conjunto de carteiras ótimas forma a fronteira de eficiência, o que se denominou na moderna teoria de investimentos de fronteira eficiente de Markowitz [Corrêa e Souza (2001)].

A carteira composta de ativos de risco pode ser combinada com um ativo livre de risco. No Gráfico 5, o ativo livre de risco tem remuneração de 3%, e a reta toca a fronteira eficiente em um nível de risco de cerca de 3,5% e retorno de 5,6%. O risco mínimo da carteira de Markowitz é de 2,68%, e o retorno neste ponto de risco mínimo é de 4,6%. Se o investidor quiser manter o nível mínimo de risco e aumentar seu retorno, basta investir no ativo livre de risco. Se outro investidor aceita riscos mais elevados, acima de 3,5%, ele vai tomar emprestado recursos à taxa livre de risco e investir em sua carteira arriscada. Neste caso, a carteira alavancada aumenta o retorno, mas também o risco.

Gráfico 5

### Carteira Composta de dois Ativos de Risco e um Ativo Livre de Risco



Os gráficos elaborados até aqui foram preparados para uma carteira composta de apenas dois ativos de risco, de forma que facilite a representação da carteira de Markowitz. Todavia, a carteira pode ser constituída de “n” ativos, e a generalização da fórmula da variância para “n” ativos pode ser escrita da seguinte forma:

$$\sigma^2_{\text{carteira}} = \sum_i \sum_j w_i w_j \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j$$

$i=1, \dots, n$

$j=1, \dots, n$

## Composição de Custos do Setor Sucroalcooleiro

O custo de produção de açúcar e álcool (custo na etapa industrial) é influenciado fortemente pelo custo de produção da cana-de-açúcar (custo na etapa agrícola). O fornecimento da cana-de-açúcar pode se dar pela produção em terras da própria usina, por produção em terras de parceiros (arrendadas) ou por produção de produtores independentes.

Ao longo dos anos, o setor sucroalcooleiro se estruturou de tal forma que os ganhos (e perdas) obtidos na produção de açúcar ou álcool fossem distribuídos por toda a cadeia de produção. Para isso, foi estabelecido o sistema do Conselho dos Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo

(Consecana) em junho de 1999, o qual desenvolveu uma metodologia de remuneração da cana-de-açúcar. O preço da cana é estimado em função do açúcar total recuperável (ATR) contido na cana de cada fornecedor e do peso relativo de cada produto (açúcares e álcoois) nas vendas da usina compradora do insumo.

A fórmula para a determinação da quantidade de ATR, em quilogramas por tonelada de cana pode ser escrita da seguinte forma:

$$\text{ATR} = [(10 \times 1,0526 \times (1 - \text{PI}/100 \times \text{PC}) + (10 \times (1 - \text{PI}/100 \times \text{AR}))]$$

em que:

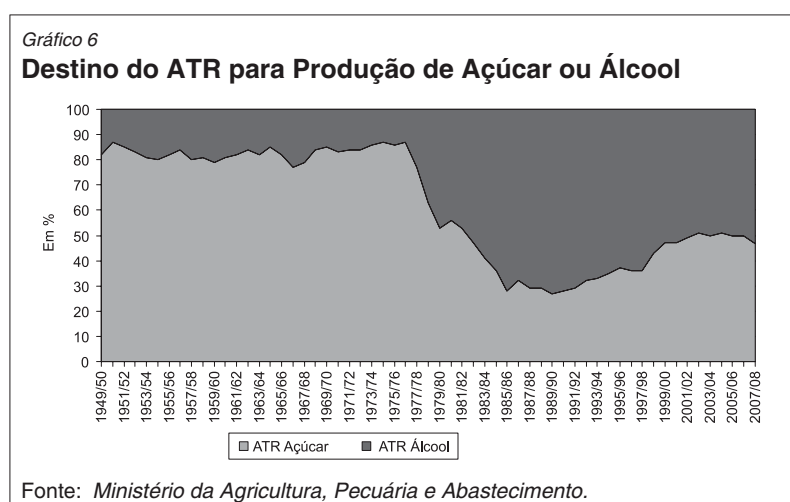
PI = a perda industrial média dos açúcares contidos na cana-de-açúcar;

PC = pol % cana, que determina a quantidade de sacarose aparente na cana-de-açúcar;

AR = açúcares redutores, que determinam a quantidade conjunta de frutose e glicose contidas na cana-de-açúcar; e

1,0526 = o fator de cálculo estequiométrico de transformação da sacarose em açúcares redutores.

O destino da cana ao longo dos anos, seja para a produção de açúcar, seja para a produção de álcool, em termos de ATR, é apresentado no Gráfico 6. O usineiro direciona a sua produção conforme os preços relativos dos produtos que ele produz.



Para a determinação do preço da tonelada de cana-de-açúcar, deverão ser utilizados os seguintes valores:

I – As quantidades, convertidas em quilogramas de ATR, conforme os fatores estequiométricos de conversão da produção total da unidade industrial, de cada um dos seguintes produtos:

- a) açúcar mercado interno (AMI);
- b) açúcar mercado externo (AME);
- c) álcool anidro residual (AAR);
- d) álcool hidratado residual (AHR);
- e) álcool anidro direto (AAD); e
- f) álcool hidratado direto (AHD).

II – Os preços médios (PM), convertidos em preço de ATR, praticados durante a safra:

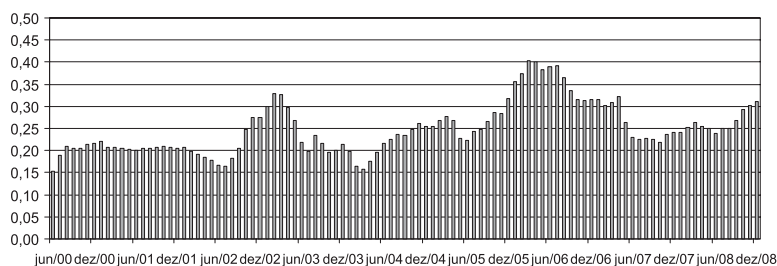
- a) álcool anidro carburante (mercado interno e externo);
- b) álcool hidratado carburante (mercado interno e externo);
- c) álcool para outros fins (mercado interno e externo); e
- d) açúcar de todos os tipos (mercado interno e externo).

III – A participação média (P) do custo médio de reposição da matéria-prima, em relação ao custo médio de reposição de cada produto acabado do item I.

Para a determinação do preço médio, em reais, do quilo do ATR da cana-de-açúcar entregue pelo produtor (PATR), deve-se aplicar a seguinte equação:

$$PATR = \frac{0,001 \times [(AMI \times PM \times P) + (AME \times PM \times P) + \dots + (AHD \times PM \times P)]}{(AMI) + (AME) + \dots + (AHD)}$$

Gráfico 7

**Valor do ATR em R\$/kg**

Fonte: <[www.revistacanaaveiros.com.br](http://www.revistacanaaveiros.com.br)>.

Com base no preço do ATR, determina-se o preço da tonelada de cana-de-açúcar devido ao produtor de cana-de-açúcar, conforme a seguinte equação:

$$\text{Total devido} = \frac{(\text{PATR} \times \text{quantidade ATR entregue por cada produtor de cana-de-açúcar})}{\text{Quantidade de cana-de-açúcar entregue pelo produtor em toneladas}}$$

É importante ressaltar que a quantidade de ATR varia em função não só da maturidade da cana durante a safra, bem como das condições climáticas da região. Na Região Sudeste, o fornecedor de cana prefere concentrar a colheita entre os meses de julho e setembro, quando se espera obter maior quantidade de ATR.

Para aqueles que precisam ter uma remuneração estável durante a safra, mas não têm condições de produzir durante toda a safra, especialmente cooperativas, há um sistema estabelecido em comum acordo com o fornecedor e/ou cooperado, do critério de ajuste do ATR. O açúcar total recuperável relativo do fornecedor (ATRr) poderá ser determinado pela seguinte expressão:

$$\text{ATRr} = \text{ATRfq} + (\text{ATRfus} - \text{ATRfuq})$$

em que:

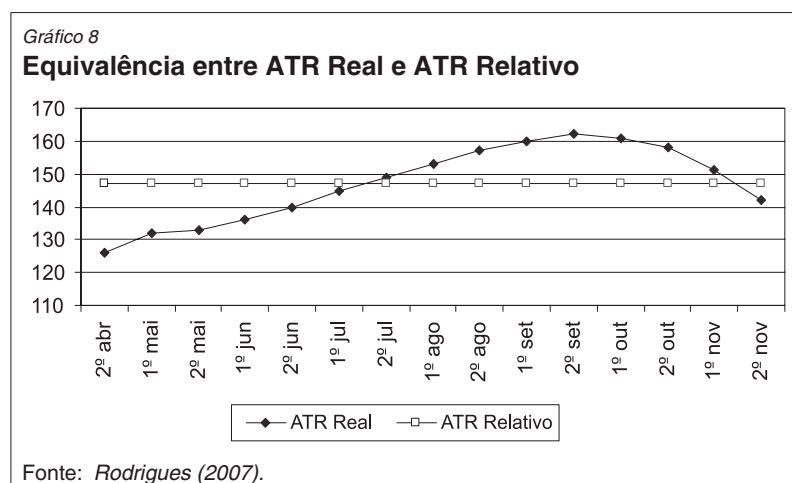
ATRr = ATR relativo do fornecedor;

ATRfq = ATR do fornecedor na quinzena;

ATRfus = ATR estimado dos fornecedores da unidade na safra; e

ATR fuq = ATR dos fornecedores da unidade industrial na quinzena.

O Gráfico 8 ilustra a evolução típica de ATR ao longo do ano, bem como exemplifica a equivalência do ATR real em termos de ATR relativo. A cana produzida no início e no final da safra, contendo menor teor de ATR, é empregada na produção de álcool, e a cana de melhor qualidade é empregada na produção de açúcar.



A metodologia de ATR desenvolvida pela Consecana possibilitou referenciar preços e quantidades dos produtos e insumos em uma mesma unidade. Os fatores de conversão empregados pelo setor atualmente são os seguintes:

- 1,0495 kg de ATR para produzir 1 kg de açúcar branco;
- 1,0453 kg de ATR para produzir 1 kg de açúcar VHP;
- 1,7651 kg de ATR para produzir 1 litro de álcool anidro; e
- 1,6913 kg de ATR para produzir 1 litro de álcool hidratado.

No caso do açúcar branco, admite-se que 1 kg de ATR contém 0,95 kg de sacarose (açúcar puro) e que o açúcar branco vendido no supermercado contém 99,7% de açúcar e 0,3% de impurezas. Assim, em 1 kg de açúcar branco, temos 1,0495 kg de ATR ( $0,997/0,95$ ). No açúcar VHP, têm-se 99,3% de sacarose e 0,7% de impurezas, ou seja, a relação é de 1,0453 kg de ATR por kg de açúcar VHP.

A conversão do álcool é um pouco mais complicada. Utiliza-se no processo a levedura, um micro-organismo colocado junto ao mosto (mistura de caldo de cana e melaço descartado do processo de produção do açúcar).<sup>10</sup> A levedura utiliza o ATR para se multiplicar, crescer e produzir novas células e para transformá-lo em álcool. Se a levedura utilizasse o ATR apenas para produzir álcool, 1 kg de ATR produziria 0,6503 litro de álcool anidro ou 0,6786 litro de álcool hidratado, mas, como parte do ATR é utilizada para a própria multiplicação da levedura, 12% do ATR se transforma em levedura. Na destilação, quando se separa o álcool dos resíduos (vinhaça), ocorre uma perda de 1% [Moraes (2007)].

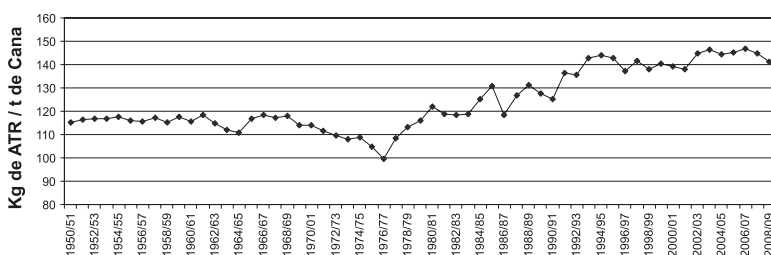
Com base nesses dados, tem-se:

- 1 kg de ATR =  $0,6503 \times (1 - 0,12) \times (1 - 0,01) = 0,5665$  litro de álcool anidro por kg de ATR ou 1,7651 kg de ATR por litro de álcool anidro; e
- 1 kg de ATR =  $0,6786 \times (1 - 0,12) \times (1 - 0,01) = 0,5913$  litro de álcool hidratado por kg de ATR ou 1,6913 kg de ATR por litro de álcool hidratado.

É importante ressaltar que esses parâmetros sofrem revisões periódicas, pois, à medida que o progresso técnico avança, maior é a produtividade da cana. Em termos de ATR, a produtividade da cana melhorou significativamente a partir da segunda metade da década de 1970, coincidentemente ou não após o lançamento do Proálcool.

Gráfico 9

#### Produtividade da Cana-de-Açúcar Medida em ATR



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

<sup>10</sup> A utilização de melaço descartado pelo processo de produção de açúcar para a produção de álcool evidencia uma complementaridade entre os dois processos. Isso é uma das justificativas do setor para adotar uma estratégia de produção flexível, podendo produzir ao mesmo tempo açúcar e álcool.



Pelo exposto no Gráfico 9, verifica-se que há uma forte correlação entre os custos de produção agrícola e os preços dos produtos vendidos. Passemos a um enfoque mais direcionado para os custos fixos do setor. Segundo a Única, os custos fixos de uma unidade padrão (moagem de cerca de 2 milhões de toneladas/ano de cana) são detalhados conforme a Tabela 3.

Tabela 3

### Composição Típica dos Custos Fixos

	R\$ Milhões
Custo Fixo Agrícola	99,8
• Máquinas Agrícolas	56,7
• Benfeitorias	6,3
• Lavoura	36,8
Custo Fixo Industrial	214,2
• Áreas Comuns	113,2
• Fabricação de Açúcar	62,7
• Fabricação de Alcool	38,3
Custo Fixo Total	314,0

Fonte: *Rodrigues (2007)*.

Os custos também podem ser estimados em termos unitários, em função do principal insumo que é a cana. Observe que o principal custo refere-se à etapa agrícola. Os custos em toneladas de cana podem ser convertidos facilmente em custos por ATR.

Tabela 4

### Composição de Custos Unitários

R\$/t de Cana

	MÉDIA	AÇÚCAR	ÁLCOOL
<b>Agrícola</b>			
Formação	5,06	5,06	5,06
Tratos Culturais	8,48	8,48	8,48
Colheita	11,81	11,81	11,81
Administração Agrícola	4,59	4,59	4,59
Arrendamento	7,04	7,04	7,04
<b>Subtotal</b>	<b>36,99</b>	<b>36,99</b>	<b>36,99</b>
Depreciação	1,91	1,91	1,91
Juros	3,25	3,25	3,25
<b>Total</b>	<b>42,15</b>	<b>42,15</b>	<b>42,15</b>
<b>Indústria</b>			
Processamento	7,39	7,78	7,00
Manutenção	3,64	3,64	3,64
Administração	3,35	3,35	3,35
Comercialização	0,20	0,28	0,13
<b>Subtotal</b>	<b>14,57</b>	<b>15,05</b>	<b>14,11</b>
Depreciação	3,80	4,15	3,45
Juros	8,84	9,50	8,17
<b>Total</b>	<b>27,21</b>	<b>28,70</b>	<b>25,73</b>
<b>Agrícola + Indústria</b>	<b>69,35</b>	<b>70,85</b>	<b>67,87</b>

Fonte: *Rodrigues (2007)*.

## Possibilidades de Mitigação de Risco do Setor Sucroalcooleiro

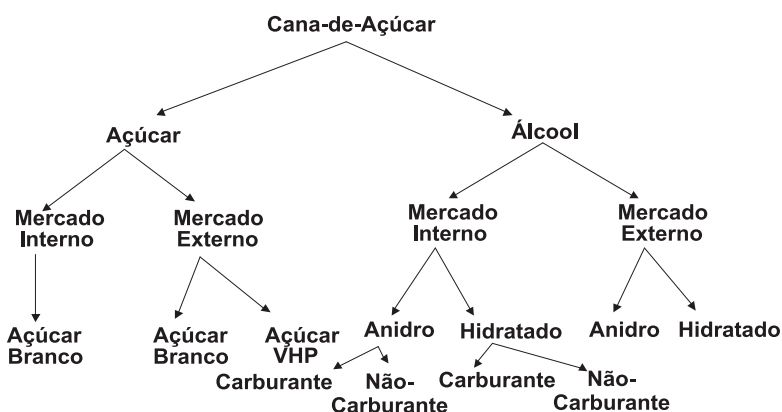
O setor sucroalcooleiro pode produzir um *portfolio* amplo de produtos, conforme mencionado anteriormente. Até há pouco tempo, podia-se dizer que o açúcar era o “carro-chefe” do setor. Todavia, o crescimento do mercado do açúcar tem sido moderado, sendo afetado pelo crescimento populacional e pelo aumento de renda de países em desenvolvimento. No médio e longo prazos, não há perspectiva de um *boom* no mercado de açúcar.

O mercado de álcool apresenta perspectivas mais favoráveis, sobretudo se ele se tornar uma opção no médio e longo prazos para o mercado mundial de combustíveis. Recentemente, o álcool passou a ter importância um pouco superior à do açúcar quando se analisa a quantidade de cana processada para produzir os dois produtos. Apesar disso, é importante destacar que o mercado do açúcar está mais consolidado que o do álcool. O açúcar é uma *commodity* negociada em mercado internacional, ao passo que o álcool combustível começou a ser negociado no mercado internacional há pouco tempo. Há boas perspectivas para que esse mercado deslanche, mas hoje ainda há muitas barreiras à entrada do álcool combustível na Europa e nos Estados Unidos.

A Figura 1 mostra as possibilidades de produção de derivados do caldo da cana-de-açúcar (cerca de um terço da cana-de-açúcar). São nove produtos diferentes, mas o açúcar refinado branco, o açúcar VHP (exportação), o álcool anidro carburante e o álcool hidratado carburante são os principais. Esses produtos têm preços diferentes, e a ideia neste trabalho é verificar se esses preços e a rentabilidade são ou não correlacionados.

Figura 1

### Produtos Derivados da Cana-de-Açúcar e seus Mercados



Fonte: Rodrigues (2007).

Além dos nove produtos citados, o setor pode obter renda com o bagaço da cana-de-açúcar (cerca de um terço da cana-de-açúcar), vendendo o subproduto do processo para outras indústrias (por exemplo, para indústrias de suco de laranja) ou queimando-o em suas caldeiras e gerando eletricidade para consumo próprio e venda de excedente de eletricidade para a rede pública. A eletricidade pode ser vendida em leilões de energia com contratos de longo prazo (15 anos) com receita fixa ou no mercado livre.

A palha (cerca de um terço da cana-de-açúcar) é queimada ou deixada no campo como forma de adubo. Porém, no estado de São Paulo, os produtores se comprometeram a eliminar a queimada da cana em áreas mecanizáveis (com declividade de até 6%) em 2014. Provavelmente, boa parte da palha vai ter de ser transportada para a usina para ser queimada em caldeiras para geração de calor e eletricidade.

A ideia aqui é primeiramente mostrar a evolução de preços de açúcar e álcool em uma mesma unidade de medida (em R\$/kg de ATR) e verificar se houve ou está havendo um descolamento dos preços de açúcar e álcool. Também, faz-se uma comparação com a evolução da gasolina nos Estados Unidos. É bem verdade que, se o preço do álcool está se descolando do preço do açúcar e não há ainda mercado internacional expressivo de álcool combustível, o preço do álcool deveria estar balizado pelo preço da gasolina no Brasil (até o limite de 70% em razão da diferença entre conteúdos energéticos da gasolina e do álcool). Entretanto, o preço da gasolina A (pura) no Brasil não acompanha as variações de preço do mercado internacional,<sup>11</sup> enquanto o do álcool sofre variações nos períodos de safra e entressafra. Por isso, não conseguiríamos observar uma correlação real entre preços de gasolina brasileira e álcool.

A evolução do comportamento do preço da gasolina nos Estados Unidos e do preço do açúcar no passado, na mesma unidade (R\$/kg de ATR), poderia fornecer uma informação sobre a expectativa futura de comportamento do preço do álcool se este se tornar uma *commodity* negociada no mercado internacional. O preço da gasolina nos Estados Unidos foi introduzido no Gráfico 10 apenas para indicar se os preços do açúcar/álcool e da gasolina naquele país apresentam evoluções simétricas.

À primeira vista, os preços de açúcar e álcoois estão positivamente correlacionados. De fato, no passado, como o mercado de açúcar era bem mais importante do que o do álcool, o preço do álcool seguia o preço do açúcar. O usineiro só produzia álcool

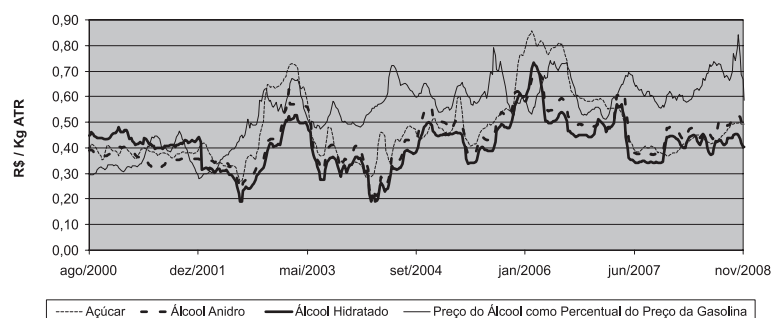
---

<sup>11</sup> O preço da gasolina foi mantido constante entre setembro de 2005 e maio de 2008, apesar das variações do preço do petróleo, ficando acima do preço da gasolina no mercado internacional. Hoje, há desalinhamento de preços no sentido inverso: a gasolina nacional mais cara do que no exterior.

se o preço fosse interessante para ele. Caso contrário, destinava sua produção ao mercado de açúcar. Porém, o mercado interno de álcool está em franca expansão por causa do sucesso dos carros *flex fuel*. O mercado internacional é promissor porque o mercado de combustíveis é bem maior e mais dinâmico do que o de açúcar. Caso o mercado de biocombustível se expanda, é muito provável que os preços de álcool sigam os de petróleo ou sejam muito influenciados por eles, descolando, assim, do mercado de açúcar.

Gráfico 10

### Evolução dos Preços



Fonte: Cepea/Esalq e EIA/DOE.

Comparando as covariâncias entre preços semanais de açúcar e de álcool anidro, de açúcar e de álcool hidratado e de açúcar e de gasolina nos Estados Unidos, para o período de julho de 2000 a dezembro de 2008, observam-se valores positivos. Isso significa dizer que o comportamento dos preços vão em uma mesma direção e que a mitigação é pouco expressiva ou desprezível quando combinamos rentabilidades dos diversos produtos.<sup>12</sup>

Porém, quando se analisa uma série de dados menor, observa-se que os termos do somatório da fórmula das covariâncias entre açúcar e álcoois permaneceram negativos desde novembro de 2007. No caso da combinação açúcar e gasolina nos Estados Unidos, os termos do somatório da fórmula da covariância têm permanecido negativos desde maio de 2007. Isso significa que desde então os preços têm oscilado em sentidos contrários para cada par de produtos. Nesse caso, há uma mitigação de risco mais significativa quando se diversifica a produção. A Tabela 5 mostra a série de preços para açúcar, álcool anidro, álcool hidratado e 70% do preço da gasolina nos Estados Unidos. As médias, desvios-padrão e covariâncias são calculados para o período de novembro de 2007

<sup>12</sup> Por enquanto, estamos supondo que o custo de produção é o mesmo para álcool e açúcar, uma vez que o setor trabalha com excesso de capacidade, podendo produzir de forma alternativa açúcar ou álcool na proporção de até 30%-70%, e o custo de operação é o mesmo (principal custo é o da cana).

Tabela 5

**Média, Desvio-Padrão, Covariância e Correlação de Preços**

DATA (SEMANAL)	AÇÚCAR VALOR S/ IMPOSTOS (R\$/ATR)	ÁLCOOL ANIDRO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAA-MPAA)	ÁLCOOL HIDRATADO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAH-MPAH)	PREÇO DO ÁLCOOL COMO PERCENTUAL DO PREÇO DA GASOLINA NOS EUA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PA%G- MPA%G)
01-nov-07	0,377182965	0,404056427	0,002827119	0,374682197	0,003702832	0,558342526	-0,001563975
09-nov-07	0,370708436	0,440598266	-0,000718605	0,423934252	-0,001083465	0,583222482	-0,004213947
16-nov-07	0,369052265	0,478556456	-0,004674765	0,442145095	-0,002993438	0,606406819	-0,006691453
23-nov-07	0,370137865	0,478839726	-0,004655058	0,443386744	-0,003089847	0,611903925	-0,007186827
30-nov-07	0,372605191	0,480369384	-0,004696889	0,445929167	-0,003270879	0,622169649	-0,008044703
07-dez-07	0,375177948	0,484675089	-0,004997552	0,447289068	-0,003320021	0,60823203	-0,006475499
14-dez-07	0,379614355	0,485071667	-0,004807856	0,44557441	-0,003009333	0,592636824	-0,004725835
21-dez-07	0,380041173	0,48087927	-0,004396281	0,440607816	-0,002534035	0,602058775	-0,005579798
28-dez-07	0,381864202	0,472494476	-0,003546136	0,435759475	-0,002042613	0,586549231	-0,00405733
04-jan-08	0,385994182	0,468075463	-0,003001036	0,433453556	-0,001749459	0,597197159	-0,004799514
11-jan-08	0,391840182	0,452778879	-0,001558318	0,42091882	-0,000614932	0,607686834	-0,005327942
18-jan-08	0,402532681	0,444280777	-0,000754357	0,41086738	0,000174108	0,602311102	-0,004247093
25-jan-08	0,411754259	0,436179253	-0,000159658	0,402175841	0,000683371	0,605402508	-0,003880309
01-fev-08	0,415815035	0,431363662	0,000126167	0,398155265	0,000867834	0,586383185	-0,002535861
08-fev-08	0,414420879	0,431307008	0,000132561	0,398155265	0,000889003	0,583070286	-0,00240375
15-fev-08	0,416441613	0,447226786	-0,00077193	0,418494649	-0,000291428	0,576385314	-0,001942899
22-fev-08	0,422481581	0,465582687	-0,001616207	0,433926565	-0,00103942	0,58228971	-0,002033405
29-fev-08	0,426365657	0,474024135	-0,001885278	0,443150239	-0,001389318	0,585580217	-0,002030326
07-mar-08	0,432673967	0,475440485	-0,001687161	0,446697806	-0,001344213	0,589506189	-0,001913702
14-mar-08	0,437715233	0,475667101	-0,001484076	0,448589842	-0,001242746	0,606355835	-0,002268313
20-mar-08	0,442553064	0,472437822	-0,001182198	0,450659256	-0,001135154	0,62515526	-0,002528859
28-mar-08	0,448248645	0,46478953	-0,000771755	0,440371312	-0,000668265	0,628627572	-0,002141166
04-abr-08	0,449519255	0,457594471	-0,000563361	0,426535801	-0,000309468	0,631652676	-0,002102056
11-abr-08	0,451078956	0,441391423	-0,000171193	0,413409803	-0,0000015	0,625624576	-0,001830287
18-abr-08	0,451896625	0,43782222	-8,95841E-05	0,412227281	2,34316E-05	0,633728584	-0,001932699
25-abr-08	0,447254789	0,450909297	-0,000445851	0,428723467	-0,000395607	0,644307743	-0,002630463
02-mai-08	0,439512069	0,4544785	-0,000699513	0,452846922	-0,0013218	0,669245774	-0,004256858
09-mai-08	0,429819381	0,47028497	-0,001584218	0,443327618	-0,001294013	0,663628518	-0,00524768
16-mai-08	0,423769397	0,47170132	-0,001876021	0,411222137	0,00010416	0,689998049	-0,007280832
23-mai-08	0,422826564	0,465695995	-0,001610845	0,390232366	0,0011587	0,690741483	-0,007457634
30-mai-08	0,417945258	0,454251884	-0,001137949	0,377934134	0,001948148	0,723541286	-0,009988408
06-jun-08	0,416822855	0,446207014	-0,000709467	0,374090936	0,00220367	0,717068208	-0,009828711
13-jun-08	0,417119576	0,434649595	-6,02329E-05	0,377815881	0,0019840	0,72699149	-0,010330986
20-jun-08	0,416156457	0,436519177	-0,000167489	0,400461184	0,000731643	0,735354822	-0,010984289
27-jun-08	0,419216942	0,464959492	-0,001687215	0,427540945	-0,000763384	0,72759447	-0,009975434

Continua

DATA (SEMANAL)	AÇÚCAR VALOR S/ IMPOSTOS (R\$/ATR)	ÁLCOOL ANIDRO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAA-MPAA)	ÁLCOOL HIDRATADO VALOR VISTA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PAH-MPAH)	PREÇO DO ÁLCOOL COMO PERCENTUAL DO PREÇO DA GASOLINA NOS EUA (R\$/ATR)	(PAÇ-MPAÇ) X (PA%G- MPA%G)
04-jul-08	0,422497532	0,461560252	-0,001412675	0,422042216	-0,0004393	0,721260896	-0,009046954
11-jul-08	0,43296519	0,499915019	-0,002654062	0,427777449	-0,000577597	0,730121961	-0,007525151
18-jul-08	0,438658402	0,504050762	-0,002418255	0,428723467	-0,000527856	0,725439413	-0,006293553
25-jul-08	0,446838034	0,500821483	-0,001757371	0,423934252	-0,0002769	0,711842356	-0,004437892
01-ago-08	0,451819666	0,491190301	-0,001218653	0,412345533	0,0000210	0,690367333	-0,003137675
08-ago-08	0,457546341	0,48637471	-0,000814414	0,410394371	0,0000454	0,67336795	-0,002025919
15-ago-08	0,459735334	0,481219194	-0,000630597	0,420445811	-0,0000941	0,681877345	-0,001851006
22-ago-08	0,471338709	0,488187638	-8,90846E-05	0,438301898	-0,0000407	0,677862439	-0,00022158
29-ago-08	0,478777899	0,490623761	0,000331367	0,436705493	0,000135714	0,664832707	0,000713338
05-set-08	0,489305799	0,495156082	0,001006052	0,437178502	0,0003894	0,67096366	0,002106507
12-set-08	0,494590811	0,505467112	0,001554464	0,43918879	0,000558894	0,699000705	0,003394192
19-set-08	0,494017918	0,514305139	0,001699299	0,448648968	0,000743204	0,769956941	0,004797751
26-set-08	0,496795632	0,523426435	0,002140877	0,452610418	0,0009357	0,741568269	0,004754525
03-out-08	0,498413793	0,525182709	0,002330964	0,452551292	0,000997712	0,788147907	0,006262607
10-out-08	0,498437241	0,528468642	0,002416797	0,451309643	0,00096701	0,842976785	0,007664729
17-out-08	0,498548695	0,52138689	0,00224623	0,436114232	0,0005826	0,757188863	0,005503913
24-out-08	0,494412293	0,50274772	0,001483319	0,420504937	0,000153651	0,688248652	0,003135617
31-out-08	0,494410048	0,497592204	0,001372628	0,404304381	-0,000193709	0,669123535	0,002725241
07-nov-08	0,490913599	0,495156082	0,001105068	0,40341749	-0,0001780	0,587096279	0,000808932
14-nov-08	0,490546978	0,510565974	0,001353352	0,4330988	0,000347318	0,532588129	-0,000165695
21-nov-08	0,491260574	0,519517308	0,001572022	0,452551292	0,000717219	0,534557893	-0,000136394
28-nov-08	0,490706219	0,508299813	0,001325419	0,436764619	0,0004155	0,501378168	-0,000720749
05-dez-08	0,494779127	0,497082318	0,001385136	0,435286466	0,000478655	0,481645162	-0,001316623
12-dez-08	0,503248345	0,499405133	0,001993358	0,435109088	0,000659161	0,474402792	-0,002047195
19-dez-08	0,520972009	0,497988783	0,00309219	0,436705493	0,0011216	0,444325536	-0,004689304
26-dez-08	0,523740863	0,491983457	0,002965656	0,43706025	0,001204343	0,443706778	-0,004991206
Média desde jul. 2000	0,472969802	0,433571122		0,413339199		0,542014869	
Desvio- padrão desde jul. 2000	0,131361613	0,096474656		0,090442644		0,124638079	
Covariância desde nov. 2007			-0,000568904		-0,000201436		-0,002904564
Covariância desde jul. 2000			0,010368816		0,008949991		0,007717522
Correlação desde jul. 2000			0,818177321		0,753322391		0,471366466

a dezembro de 2008, e a correlação é apresentada para o período de julho de 2000 a dezembro de 2008. Os valores de correlação mostram que os preços de açúcar e álcool estão fortemente correlacionados para o período completo, mas a covariância negativa para o período desde novembro de 2007 indica que pode estar havendo um descolamento entre preços de álcool e açúcar.

## Opções de Investimentos em Cogeração

Os resíduos do processo de produção de açúcar e álcool podem ser utilizados para gerar calor e eletricidade. Hoje, o bagaço é empregado com esse fim, mas em futuro próximo, por causa das restrições ambientais crescentes contra a queimada no campo, a palha deverá ser utilizada nas caldeiras, aumentando, assim, a geração de energia no processo de produção. A energia excedente terá de ser vendida à rede elétrica.

O aumento da eficiência e geração de excedente para a rede elétrica é uma opção tecnológica dita de primeira geração. Além dessa, há opções de segunda geração que utilizam a biomassa (bagaço e palha) para a produção de álcool celulósico ou para gaseificação da biomassa para produção de eletricidade. Portanto, qualquer decisão de investimento no curto e médio prazos por uma opção de primeira geração pode ter seu retorno influenciado por trajetórias tecnológicas futuras. Nossa análise parte do princípio de que não haverá nenhuma ruptura tecnológica no curto e médio prazos que inviabilize o aumento da eficiência na cogeração.

Muitas das mais de 350 usinas instaladas no país geram energia para consumo próprio, usando caldeiras de 21 bar. As usinas com caldeiras de 42 bar podem gerar um pequeno excedente para rede. Atualmente, as usinas que estão relativamente próximas à rede elétrica e que precisam renovar o seu parque industrial investem em caldeiras de 65 bar. Essa é a tecnologia que vem sendo adotada pelo setor para a modernização de plantas com equipamentos novos. É possível empregar também caldeiras mais eficientes, capazes de suportar pressões acima de 90 bar. A tecnologia desse tipo de caldeira é dominada por fabricantes nacionais e é fornecida para outros setores como de papel e celulose e petroquímica.

O setor sucroalcooleiro tem preferido comprar caldeiras de 65 bar porque os benefícios auferidos por caldeiras mais eficientes (90 bar) não justificam os custos, mesmo em projetos de implantação de unidades (*greenfield*). Porém, as restrições ambientais que vêm sendo impostas para reduzir as queimadas no campo têm levado alguns produtores a adotar caldeiras mais eficientes para queimar bagaço e palha. Dessa forma, os fornecedores de



equipamentos tendem a adquirir escala de produção, e as caldeiras de 90 bar devem se tornar mais competitivas.

O governo procurou, recentemente, promover a melhoria da eficiência da cogeração, pois, no final de 2007 e início de 2008, em pleno período úmido, houve escassez de chuvas, os níveis dos reservatórios estavam baixos e, portanto, o risco de desabastecimento de energia elétrica se elevou significativamente.

No início de 2008, estudavam-se duas formas de incentivo visando à promoção de cogeração a biomassa eficiente (caldeiras acima de 90 bar) para disputa em leilão específico, a fim de negociar energia de reserva: incentivos fiscais e financeiros. Porém, com a extinção da CPMF, os incentivos fiscais saíram da pauta das negociações. Além disso, as caldeiras para entrega em curto espaço de tempo (geração a partir de 2009) já tinham sido encomendadas aos fornecedores e por isso os próprios usineiros solicitavam a manutenção das condições de financiamento para as caldeiras de 65 bar.

Nas simulações realizadas pelo BNDES, foram utilizadas as opções de realização de investimentos com financiamento corporativo, prestando garantias pessoais e reais, e de realização de financiamento na modalidade *project finance*. Para esta última modalidade, torna-se necessária a constituição de sociedade de propósito específico (SPE), na forma de sociedade anônima, para obter financiamento do BNDES.

A estrutura na forma de SPE é menos rentável do que a estrutura integrada usina-cogeração em razão dos impostos aplicáveis. No caso da SPE, a usina vende bagaço para a SPE e esta vende vapor e eletricidade para a usina. Portanto, há incidência de tributos na transação desses insumos e serviços entre usina e SPE. A energia elétrica gerada pode ser vendida para os diversos estados da nação, quando destinada ao mercado cativo, e o ICMS da energia elétrica é cobrado no consumo. Por isso, não há como recuperar todo ICMS recolhido.

Os cenários estudados basearam-se em dados de usinas com capacidade de esmagar entre 3,5 milhões e 4 milhões de toneladas de cana por ano. As usinas têm a opção de adquirir uma caldeira de 90 bar e instalar capacidade de 60 MW ou adquirir 2 caldeiras de 65 bar e instalar capacidade de 75 MW. Os investimentos são equivalentes nas duas opções.

Foram estimados retornos para usinas integradas e para SPE, considerando um cenário-base sem isenção fiscal, um segundo cenário com isenção de tributos federais sobre a energia elétrica



e um terceiro com isenção de tributos federais e redução de ICMS (parcela da energia elétrica que fica no estado da usina). As taxas internas de retorno descritas nos cenários a seguir são do projeto não alavancado.

**Projeto 1:  
Caldeira 90 bar  
– Capacidade de  
Geração de  
60 MW**

1A – Usina Integrada de Açúcar e Alcool Existente com Investimento em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	6,44
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica	6,97
Com isenção de impostos federais e redução ICMS sobre energia elétrica	7,99

1B – SPE – Investimento *Greenfield* em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	6,12
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica, vapor e bagaço	6,60
Com isenção de impostos federais e redução de ICMS sobre energia elétrica, vapor e bagaço	8,25

**Projeto 2:  
Caldeiras 65 bar  
– Capacidade de  
Geração de  
75 MW**

2A – Usina Integrada de Açúcar e Alcool Existente com Investimento em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	9,18
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica	9,79
Com isenção de impostos federais e redução ICMS sobre energia elétrica	10,38

## 2B – SPE – Investimento *Greenfield* em Cogeração:

CENÁRIO	TIR DO PROJETO (Em %)
Base, sem isenção de impostos	7,63
Com isenção de impostos federais sobre energia elétrica, vapor e bagaço	8,16
Com isenção de impostos federais e redução de ICMS sobre energia elétrica, vapor e bagaço	10,12

De acordo com esses resultados, com base no cálculo da TIR do projeto, pode-se concluir que o formato *project finance* com constituição de SPE é menos rentável que um que preste garantias corporativas e que as caldeiras de 65 bar são mais rentáveis do que as caldeiras de 90 bar.

**E**m geral, os empreendimentos vendem energia elétrica excedente por meio de leilões de energia no Ambiente Regulado, com contratos de 15 anos e receita fixa reajustada anualmente pelo IPCA, e/ou vendem no Ambiente Livre com contratos de prazo mais curto. Ao término do contrato, a energia pode ser recontratada sucessivamente até o fim da vida útil dos equipamentos. Dessa forma, os rendimentos da cogeração se aproximam de uma série longa de pagamentos ou de uma perpetuidade.

A venda no Ambiente Livre no mercado *spot* poderia, ainda, ser uma forma de mitigação de risco caso os preços de energia elétrica apresentem movimento complementar aos preços dos demais produtos produzidos pelo setor sucroalcooleiro.<sup>13</sup> Todavia, vamos admitir apenas a possibilidade de venda no Ambiente Regulado e supor que a renda fixa do contrato de energia é livre de risco.

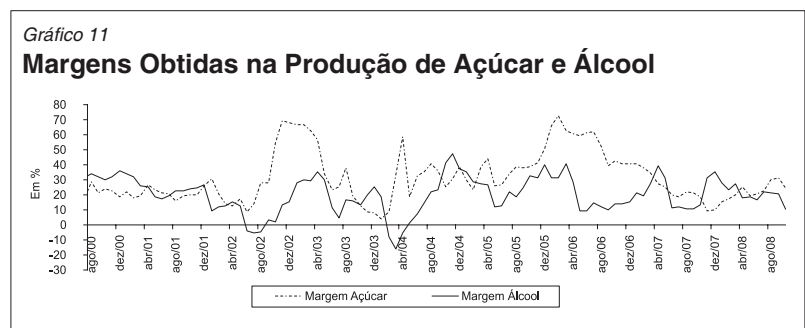
Além disso, partimos do princípio de que a cogeração é menos rentável (e menos arriscada) do que as atividades tradicionais do setor alcooleiro. Como os recursos são escassos, vamos analisar se a associação dos usineiros com investidores interessados em cogeração (via SPE) pode propiciar algum ganho para os usineiros.

<sup>13</sup> Essa hipótese deveria ser testada, uma vez que a geração elétrica com base no bagaço de cana na Região Sudeste ocorre no período de estiagem, quando o preço da energia elétrica está elevado. Entretanto, no período da safra, os preços das commodities agrícolas e do álcool costumam cair. Portanto, poderia ser incluído mais um produto na matriz de covariância do item anterior, mas preferiu-se deixar esse tipo de análise para um trabalho futuro.

## Investimentos em Cogeração para Mitigar Riscos e Ampliar Retornos do Setor Sucroalcooleiro

A inclusão de renda fixa no *portfolio* de ativos dos investidores tem o objetivo de reduzir os riscos do *portfolio*. A rentabilidade da atividade agrícola ou da industrial é muito provavelmente superior à da cogeração, porém esta última é uma atividade menos arriscada do que as demais.

O custo do capital próprio do usineiro para produção de cana (agrícola) e produção de açúcar e álcool (industrial) é superior à taxa interna de retorno da cogeração em qualquer uma das modalidades apresentadas anteriormente. Aqui, analisaremos as margens obtidas pelo usineiro na parte industrial, calculadas mensalmente desde julho de 2000, com base no preço do açúcar e do álcool em R\$/kg de ATR e nos custos da cana (custo do ATR publicado pelo Consecana), e custos industriais para se produzir açúcar e álcool em R\$/t de cana (ver tabela 4), convertidos em R\$/kg de ATR.



Com base no Gráfico 11, observa-se que as margens de açúcar e álcool seguiam uma mesma tendência no passado, mas há algum tempo percebem-se movimentos distintos. A Tabela 6 apresenta a média de margens, desvio-padrão e covariância para dois períodos: desde julho de 2000 e desde abril de 2006.

**Tabela 6**  
**Média, Desvio-Padrão, Covariância e Correlação de Margens**

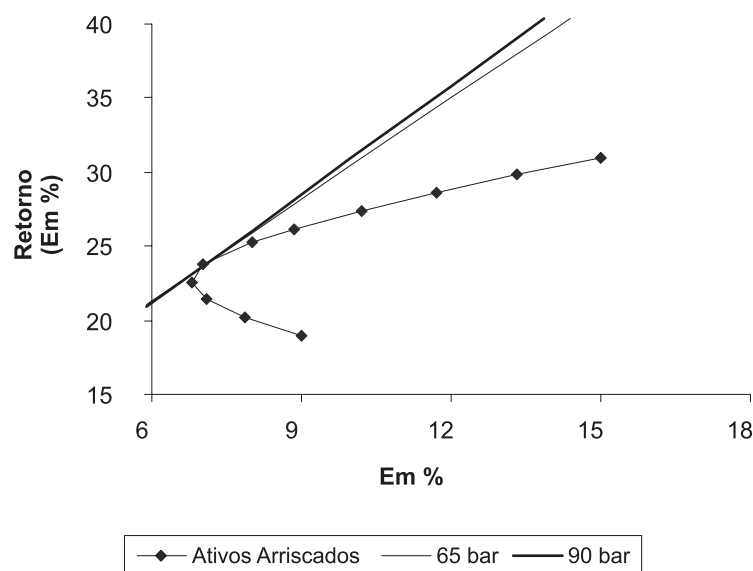
	MARGEM AÇÚCAR	MARGEM ÁLCOOL
<b>Desde Julho 2000</b>		
Média	31%	20%
Desvio-Padrão	17%	12%
Covariância		0,0022558
<b>Desde Abril 2006</b>		
Média	31%	19%
Desvio-Padrão	15%	9%
Covariância		-0,0032499

Tomando-se como base os dados desde abril de 2006, montou-se uma carteira de Markowitz com ativos arriscados (açúcar e álcool) e se combinou com dois tipos de renda fixa: cogeração com caldeira de 65 bar (retorno fixo de 7,63% na modalidade SPE/*project finance*) e cogeração com caldeira de 90 bar (retorno fixo de 6,44% na modalidade SPE/*project finance*).

De acordo com o Gráfico 12, se o usineiro quiser diminuir o seu risco (17% na atividade de produção de açúcar e 12% na atividade de produção de álcool), ele pode investir em cogeração, reduzindo consequentemente o seu retorno médio. A melhor opção nesse caso seria o emprego de caldeiras de 65 bar. Porém, se o empreendedor não é avesso ao risco, ele pode se concentrar em atividades mais arriscadas e destinar seus recursos quase que exclusivamente às atividades arriscadas de produção de açúcar e álcool. Esse é o caso de usineiros que não investiram até o momento em cogeração com excedente de venda para a rede elétrica, empregando caldeiras de 21 e 42 bar. Mas um usineiro com este mesmo perfil poderia se associar a terceiros, praticamente não se endividar para colocar recursos em uma cogeração eficiente e obter recursos para o seu negócio principal com a associação. Se puder obter recursos em renda fixa e investir em negócios arriscados, pode aumentar ainda mais o retorno de seu *portfolio*, em uma carteira alavancada. Nesse caso, a melhor opção seria o investimento em uma caldeira de 90 bar.

Gráfico 12

**Possibilidades de Carteiras Alavancadas para o Setor Sucroalcooleiro**



O menor nível de risco se dá quando a carteira é composta de 31% de recursos em açúcar e 69% em álcool. Porém, o usineiro é tomador de risco e prefere operar com uma carteira composta de ativos mais arriscados do que uma carteira de risco mínimo. A estratégia que ele utiliza para reduzir sua exposição consiste em investir em excesso de capacidade industrial para poder redirecionar facilmente sua produção para a fabricação de álcool.

Outra opção seria o usineiro se associar a parceiros interessados em investir em cogeração, de forma que libere um volume de recursos maior para atividades mais rentáveis, sobre as quais ele tem vasto conhecimento, apresentando vantagens comparativas consideráveis se comparadas às dos novos entrantes provenientes de outros setores. Investidores habituados com o setor elétrico têm perfil de aplicação de recursos com rendimentos de renda fixa. Eles seriam um dos interessados potenciais. Mas é preciso aprofundar o debate para se saber se há outras razões que impedem a associação de usineiros com novos parceiros.

## Conclusões

O trabalho procurou analisar se a diversificação de produtos gerados pelo setor sucroalcooleiro é ou não uma forma relevante de mitigar os riscos do setor. Para tanto, tomou por base o modelo conhecido por fronteira eficiente de Markowitz para tratar esse ponto. Além disso, fez-se uma análise, fundamentada no conceito de carteira alavancada, da estratégia de introduzir uma renda fixa (receita da venda de energia elétrica à rede por meio de contrato de longo prazo) como forma de mitigar risco e alavancar retorno.

A análise de dados mostrou que os preços do açúcar e do álcool, que sempre foram fortemente correlacionados, podem ter começado a se descolar a partir de novembro de 2007. Há necessidade, contudo, de esperar um pouco mais de tempo para se certificar dessa nova tendência. A probabilidade de haver o descolamento aumenta à medida que o etanol se torna uma *commodity* negociada no mercado internacional, visto que o preço da gasolina nos EUA vem oscilando de forma oposta ao preço do açúcar há mais tempo.

Porém, o aumento do consumo de produtos agrícolas nos países em desenvolvimento, a corrida para produção de biocombustíveis e a especulação com as *commodities* (principalmente petróleo) têm influenciado o preço das *commodities* agrícolas. Com o ajuste dos mercados, pode ser que os preços do açúcar e da gasolina voltem a apresentar movimentos positivamente correlacionados.

Com base nessas avaliações ainda preliminares, os usineiros tradicionais têm uma ótima oportunidade de expandir seus negócios, associando-se a investidores de peso que estão mais interessados em aplicar seus recursos na parte industrial. É bem verdade que os projetos integrados (agricultura-indústria-cogeração), com captação de recursos na modalidade *corporate*, são mais rentáveis do que projetos estruturados em SPE (usineiros e terceiros), com captação na modalidade *project finance*. Os tributos fazem a grande diferença quando apenas a rentabilidade dos projetos é analisada. Contudo, os recursos são limitados. A cogeração pode gerar uma renda fixa ao usineiro e os recursos próprios que deveriam ser destinados a esse fim poderiam ser aplicados em atividades mais rentáveis, para as quais os potenciais parceiros não estão preparados nem capacitados para executá-las. Além disso, o maior potencial de inovação e ganhos de eficiência está na parte agrícola.

O modelo proposto pode auxiliar os usineiros a melhor dimensionar a capacidade produtiva de sua indústria. Hoje, eles trabalham em uma faixa de 30%–70%, mas esse intervalo pode diminuir caso os mercados de açúcar e álcool venham a apresentar comportamento mais estável.

Cabe aqui mencionar também a possibilidade de estudos futuros, temas sobre os quais não se pôde aprofundar no presente trabalho. Uma das possibilidades seria aumentar o leque de produtos arriscados e incluir, por exemplo, a venda de eletricidade no mercado *spot* para verificar a correlação com os demais produtos.

Outro ponto que pode ser melhorado refere-se à estimativa de margens e rentabilidades do setor. Neste trabalho, as margens foram calculadas pelas diferenças entre os preços dos produtos finais (açúcar e álcool) e o custo da cana e custos industriais. A abordagem deveria ser mais refinada no cálculo dos custos. Porém, o foco deste trabalho ficou mais centrado em possíveis ganhos e combinações, e menos em quantificação precisa dos ganhos.

Além disso, uma estimativa de riscos do setor (diversificável e não diversificável) seria louvável, mas o mercado sucroalcooleiro ainda é muito segmentado, pois poucas empresas têm ações negociadas em bolsa. Isso auxiliaria na estimativa do custo de capital próprio, do custo ponderado do capital e na estrutura de capital ótima, de forma que os ativos arriscados e livres de riscos pudessem ser mais bem avaliados.

Por fim, é importante registrar que o setor daria um grande salto se o mercado internacional de biocombustíveis deslanchasse. Mas, para isso, é preciso melhorar a governança corporativa das empresas, pois os investidores e compradores de biocombustíveis

necessitam de informações mais transparentes, não só sobre aspectos econômico-financeiros, mas também a respeito de questões socioambientais. Uma das barreiras impostas no mercado internacional refere-se à desconfiança de que o setor exerça pressão sobre áreas de florestas e empregue mão-de-obra em condições desumanas. As empresas deveriam disponibilizar informações – tornando-as facilmente acessíveis por qualquer interessado – sobre manutenção de matas ciliares, zoneamento econômico ecológico, participação de fornecedores, produção própria de cana, empregos com carteira assinada etc., para que os investidores pudessem ter mais confiança em aplicar seus recursos no setor.

## Referências

- CTC – CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. Disponível em: <www.ctc.com.br>. Acesso em: dez. 2006.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. *Cana-de-açúcar: Safra 2006/07*, mai. 2006.
- \_\_\_\_\_. *Acompanhamento da safra brasileira. Cana-de-açúcar: safra 2007/08*, ago. 2007.
- CORRÊA, Alessandro & SOUZA, Andréa. “Fronteira eficiente de Markowitz: aplicação com ativos brasileiros”. *Adcontar*, Belém, v. 2, n. 1, p. 7-10, maio 2001.
- DAMODARAN, Aswath. *Finanças corporativas: teoria e prática*. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- DEDINI S.A. INDÚSTRIAS DE BASE. *Etanol combustível: Balanço e perspectivas 1975-2005*. Campinas, 17 nov. 2005.
- Desafios do Desenvolvimento*, PNUD/Ipea, ano 4, n. 33, abr. 2007.
- DOUAUD, A. “Recommendations pour un développement durable des biocarburants en France”. Relatório do grupo de trabalho sobre os biocombustíveis apresentado na Commission Interministérielle pour les Véhicules Propres et Economes, Paris, jan. 2006.
- EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço energético nacional 2006 – ano-base 2005*. Rio de Janeiro: EPE, 2006.
- FINAGRO. “Projeto Integrado de Produção Alcooleira”. In: *Etanol: como e por que investir em álcool combustível?*. São Paulo: Esalq, 27 jun. 2006.
- GOLDEMBERG, J. et al. “Ethanol learning curve: the Brazilian experience”. *Biomass and bioenergy*, 26(3): 301-04, 2004.
- GONÇALVES, Danilo. “Opção de conversão em projeto de investimento sucroalcooleiro”. In: GONÇALVES, Danilo et al. *Opções reais*:

*conceitos e aplicações a empresas e negócios*. São Paulo: Saraiva, 2007.

HENNIEGES, O.; ZEDDIES, J. "Fuel ethanol production in the USA and Germany – a cost comparison". *F.O. Lichts World Ethanol and Biofuels Report*, v. 1, n. 11, 11 fev. 2003.

IDEA – INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAL. *Acompanhamento da safra 2007/2008 – Centro-Sul, Ribeirão Preto*, jun. 2007.

LEMON FILHO, José Rubens. *Estudo comparativo dos métodos de determinação e de estimativa dos teores de fibra e de açúcares redutores em cana-de-açúcar (Saccharum spp.)*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, 2005 (Dissertação de Mestrado).

MACEDO, I. & NOGUEIRA, L. "Biocombustíveis". *Cadernos NAE*, n. 02/2004. Brasília: Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Disponível em: <[http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cadernos\\_NAE\\_v.2.pdf](http://www.biodiesel.gov.br/docs/Cadernos_NAE_v.2.pdf)>.

MORAES, Celso. "Metodologia Consecana". *Revista Canavieiros*, mar. 2007, p. 15.

MOREIRA, J. & GOLDEMBERG, J. "The Alcohol Program". *Energy policy*. 27(4): 229-45, 1999.

RODRIGUES, Antonio de Pádua. *Participação dos fornecedores, arrendatários e parceiros da cana-de-açúcar na cadeia do açúcar e do álcool*. São Paulo: Unica/Canasul, ago. 2007.

UNICA – UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. "Toda a energia da cana". *Caderno Especial Unica*, jul. 2006.

\_\_\_\_\_. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br>>.

ZENTGRAF, Roberto. *Estatística objetiva*. Rio de Janeiro: ZTG, 2001.